

DIE BEDEUTUNG DER THERMOGRAPHIE
FÜR DIE BEURTEILUNG
PERIPHERER NERVENLÄSIONEN

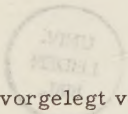
Hanspeter Büßer

1977
-

Dissertations- und Fotodruck Anneliese SCHUBERT
8 München 5 • Corneliusstraße 21 • Tel.: 2681 77

DIE BEDEUTUNG DER THERMOGRAPHIE
FÜR DIE BEURTEILUNG
PERIPHERER NERVENLÄSIONEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München



vorgelegt von

Hanspeter Bubser
aus München

München 1976

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin
der Universität München

Berichterstatter:	Priv.-Doz. Dr. W. KEYL
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. A. N. WITT
Dekan:	Prof. Dr. W. SPANN

Tag der mündlichen Prüfung: 24.5.1977



INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINLEITUNG	5
II.	METHODIK	6
	1. Klinische Untersuchung	6
	2. Ninhydrintest	7
	3. Elektromyographie	8
	4. Thermographie	8
	a) Physikalische Grundlagen	8
	b) Aufbau des Gerätes "System Barnes"	10
	c) Die Anordnung der Apparatur	11
	d) Die thermographische Untersuchung	12
III.	ERGEBNISSE	14
	1. Das normale Thermogramm	14
	2. Thermogramm bei Läsionen peripherer Nerven	16
	a) Nervus medianus	17
	b) Nervus ulnaris	20
	c) Nervus radialis	24
	d) Nervus ischiadicus	28
	e) Nervus peronaeus	29
IV.	DISKUSSION	33
V.	ZUSAMMENFASSUNG	40
VI.	LITERATURVERZEICHNIS	41
	LEBENS LAUF	44

Digitized by the Internet Archive
in 2026

I. EINLEITUNG

In dem Bestreben, die Zuverlässigkeit und Treffsicherheit der Diagnostik zu erhöhen und die Erkenntnisse auf eine breite Basis zu stellen, prüft die moderne Medizin fortwährend neue Untersuchungsmethoden. Ein neues Untersuchungsverfahren stellt die Thermographie dar, die 1956 durch LAWSON in die Medizin eingeführt wurde. Unter Thermographie versteht man die Erfassung der Oberflächentemperatur eines Gegenstandes, indem man mit geeigneten Geräten die Intensität und Verteilung der infraroten Eigenstrahlung mißt. Von der Oberflächentemperatur kann auf die Temperatur der Haut geschlossen werden.

Die Thermographie hat bereits Eingang in viele Bereiche der Medizin gefunden. Auch in der neurologischen Diagnostik nahm man sie bei einigen Problemen zu Hilfe. So liegen Veröffentlichungen vor über cerebrovaskuläre Veränderungen (E. H. WOOD) und über periphere Durchblutungsstörungen (SKVERSKY et al.). Auch wurden die Wärmezustände nach Rückenmarkskompressionen, Polyneuritiden und der Friedreichschen Krankheit untersucht (GROS et BOURJAT). Untersuchungen über die Beurteilung peripherer Nervenläsionen liegen unseres Wissens bisher nicht vor. Es ist deshalb das Ziel der vorliegenden Untersuchung, die Möglichkeiten und Grenzen der Thermographie im Vergleich mit den üblichen klinischen, labortechnischen und elektrophysiologischen Untersuchungsmethoden bei der Beurteilung peripherer Nervenläsionen aufzuzeigen.

II. METHODIK

1. KLINISCHE UNTERSUCHUNG

Bei allen Patienten wurde eine klinische Untersuchung durchgeführt. Besondere Beachtung fanden hierbei Störungen der Motorik und Sensibilität. Die anamnestischen Angaben vermittelten bereits wesentliche Hinweise, sofern man systematisch nach Schmerzlokalisationen, Parästhesien und Paresen fragte. Eine sorgfältige Prüfung der sogenannten Oberflächensensibilität (besonders der taktilen Ästhesie und Algesie) wurde vorgenommen. Auf die Topik der Ausfälle wurde vor allem geachtet, um eine Zuordnung zu dem betroffenen Nerven zu ermöglichen. Außerdem erfolgte eine exakte Prüfung der geschädigten und der intakt gebliebenen Muskeln.

Das Ergebnis der klinischen Untersuchung eines bestimmten Nerven wurde nach dem unten stehenden Einteilungsschema (Tabelle 1) schriftlich fixiert.

TABELLE 1

Einteilung motorischer und sensibler Nervenstörungen

0	=	Motorik intakt (normale Kraft)
0	=	Sensibilität intakt
+	=	Motorik gestört (Kraft vermindert)
+	=	Sensibilität fraglich gestört
++	=	Motorik fehlt (keine Muskelaktivität)
++	=	Sensible Ausfälle

2. NINHYDRINTEST

Bei Patienten mit Läsionen des Nervus medianus wurde ein Ninhydrin-test zur Objektivierung der Schweißsekretion nach den Angaben von MOBERG durchgeführt. Hierbei drückte die Testperson ihre Finger nach gründlichem Waschen mit Wasser und Seife auf einen weißen Papierstreifen, der anschließend einige Male durch eine 1 %ige Ninhydrinlösung in Aceton gezogen wurde, der kurz vorher einige Tropfen Eisessig zugesetzt worden waren. Nach Erwärmung des Papierstreifens auf 110°C traten die Fingerabdrücke deutlich hervor, wenn Schweiß abgesondert worden war. Zwei Tage später wurden die Streifen in folgender Lösung fixiert:

Cuprum sulfuricum	1,0
Aqua dest.	5,0
Methanol	95,0
Acidum nitricum	gtt. No. V.

Der Test beruht auf der selektiven Anfärbbarkeit von Aminosäuren durch Ninhydrin. Auf eine quantitative Auswertung des Testes wie Auszählen der Schweißpunkte, wie sie MUMENTHALER anführt, wurde verzichtet. Für die tabellarische Erfassung wurde die in Tabelle 2 angegebene Unterteilung getroffen.

TABELLE 2

Einteilung der Schweißsekretionsbefunde

0	=	Schweißsekretion seitengleich
+	=	Schweißsekretion an der gelähmten Hand vermindert
-	=	Test nicht durchgeführt.

3. ELEKTROMYOGRAPHIE ⁺⁾

Bei allen Patienten wurden die Diagnosen durch eine elektromyographische Untersuchung gesichert. Die Ableitungen erfolgten mit konzentrischen Nadelelektroden. Die verwendeten Geräte stammten von den Firmen DISA und MEDELEC. Um die Befunde tabellarisch erfassen zu können (Tabelle 3), wurden Angaben wie "geringgradiger Denervierungsprozeß" oder "mäßig viele Denervierungspotentiale" mit "+", und Aussagen wie "deutlicher Denervierungsprozeß" oder "reichliche Denervierungspotentiale" mit "++" bezeichnet. "0" bedeutet, daß elektromyographisch kein pathologischer Befund erhoben werden konnte.

TABELLE 3

Unterteilung der EMG-Befunde

0	=	kein pathologischer Befund
+	=	geringgradige Zeichen von Denervierung
++	=	deutliche Zeichen von Denervierung

4. THERMOGRAPHIE

a) Physikalische Grundlagen

Die Bestimmung der Wärme erfolgt bei der Thermographie über die Intensitätsmessung der abgegebenen Infrarotstrahlung. Physikalisch von Bedeutung sind hier die Gesetze von PLANCK, WIEN, STEFAN und BOLTZMANN, die alle auf den menschlichen Körper angewandt

⁺⁾ Für die Durchführung der Elektromyographie danke ich Herrn Dr.med. E. O. RUPRECHT, Neurologische Klinik der TU München.

werden können, da dieser nach BUCHMÜLLER im Infrarotbereich ziemlich genau die Bedingungen eines schwarzen Körpers erfüllt.

Zur Messung der Strahlenemission werden derzeit zwei Arten von Detektoren verwandt:

1. Thermische Detektoren; sie müssen durch die einfallende Strahlung erwärmt werden, um ein elektrisches bzw. optisches Signal liefern zu können;
2. Quantendetektoren mit kleiner Zeitkonstante, die jedoch nur in einem kleinen Bereich des Spektrums arbeiten können.

Der für diese Arbeit verwendete Thermograph besitzt einen thermischen Detektor. Konstruiert wurde das Gerät nach einer von BECK-MANN angegebenen Formel, die sämtliche wichtigen Daten berücksichtigt:

$$\frac{\Delta T_{eq} \cdot \sqrt{t - t_o}}{n} = \frac{f}{p \cdot A_o \cdot \sqrt{B}} \times \frac{1}{c \cdot N_e \cdot D}$$

Hierin bedeuten:	T_{eq}	=	rauschäquivalente Temperaturdifferenz
	n	=	Zahl der Bildpunkte
	t	=	Aufnahmedauer
	t_o	=	Totzeit (Rücklaufzeit des Abtastspiegels)
	D	=	Gütezahl (Detektivität) des Infrarotdetektors
	N_e	=	effektive Strahlungsdichte, Radianz des Objektes
	c	=	relative Änderung der effektiven Strahlung pro Grad Temperaturänderung
	f	=	Brennweite des Objektives
	B	=	Bild-Raumwinkel
	p	=	Wirkungsgrad der Optik und der Elektronik
	A_o	=	Eintrittsapertur

b) Aufbau des Gerätes "System Barnes"

Der Thermograph in der Orthopädischen Klinik der Universität München, der für die anschließend dargelegten Untersuchungen verwendet wurde, stammt von der Firma "Barnes Engineering Company, Stanford Conn. USA". Er wurde nach der von BECKMANN angegebenen Gleichung entworfen, wobei eine hohe geometrische Auflösung von etwa 60 000 Bildpunkten erreicht wurde. Die Temperaturlösung beträgt $0,08^{\circ}\text{C}$. Diesen Vorteilen steht eine Aufnahmezeit von 4 Minuten gegenüber, was bedeutet, daß man zwar ein qualitativ hochwertiges Thermogramm erhält, aber rasche Änderungen der Oberflächentemperatur nicht erfassen kann.

Der Barnes-Thermograph funktioniert folgendermaßen: Die vom Objekt abgegebene Strahlung gelangt über einen großen Planspiegel mit einem Aufnahmefeld von 20° Breite und 10° Höhe auf einen Kollimatorspiegel. Dieser lenkt die Strahlung auf den Detektor. Vorher wird sie noch von einem rotierenden Chopper unterbrochen, damit man am Verstärker eine leicht verstärkbare Wechselspannung erhält. Dieses nun verstärkte und gleichgerichtete Signal bewirkt an einer Glühlampe, die eine Hohlkathode besitzt, eine Helligkeitsänderung im Rhythmus der ankommenden Wärmestrahlen. Das von der Glühlampe abgegebene Licht ist energiereich genug, eine photographische Platte zu schwärzen. Hierzu wird das Licht über eine Optik auf einen Polaroidfilm gelenkt. Ungefähr 15 Sekunden nach Beendigung der Aufnahme erhält man das fertig entwickelte Bild, das nur noch fixiert bzw. lackiert werden muß und dann katalogisiert werden kann. Abschließend wäre noch zu sagen, daß nicht die gesamte Fläche auf einmal belichtet wird, sondern der zu thermographierende Gegenstand von einem Scanner zeilenweise abgetastet und abphotographiert wird.

c) Die Anordnung der Apparatur

Je nachdem, welcher Körperteil thermographiert werden soll, befindet sich 30 - 80 cm über dem Patienten ein rechteckiger Umkehrspiegel, der die vom Untersuchten ausgesandte Infrarotstrahlung in den Thermographen lenkt. Der Thermograph ist je nach Erfordernis mehr oder weniger weit vom Patienten entfernt. Je größer man eine Fläche darstellen will, umso näher wird das Gerät an den Spiegel herangeschoben; hierbei verkleinert sich entsprechend der Bildausschnitt. Umgekehrt wählt man beispielsweise für eine Aufnahme der gesamten unteren Extremität einen großen Abstand. Zu diesem Zweck ist die Kamera auf einem mit Rädern versehenen Stativ befestigt.

Weiterhin befindet sich im Abtastgebiet der Kamera eine thermische Grauskala. Auf ihr werden 10 quadratische Flächen aus Metall elektrisch auf genau definierte Temperaturen aufgeheizt, die sich während des Betriebes nicht verändern dürfen. Die Einteilung reicht von 29°C bis 38°C. Bei hoch eingestellter Sensivity werden allerdings die unteren Temperaturbereiche nicht mehr abgebildet. Die photographische Grauskala dient der späteren exakten Feststellung der absoluten Temperatur mit dem Photokomperator, der die Hell-Dunkel-Schattierungen wieder in Temperaturangaben umwandelt.

Zur optischen Kontrolle bei der Einstellung und während der Aufnahme dient neben dem Zeigerinstrument der Kamera ein Kathodenstrahloszillograph. Die Impulse des Detektors steuern den Strahl, der auf einer Mattscheibe sichtbar wird, so daß Sensivity und Brightness bestmöglich eingestellt werden können.

d) Die thermographische Untersuchung

Bei Untersuchung der unteren Extremität und des Oberkörpers legt sich der Patient entkleidet auf eine Liege, die sich unter dem Umkehrspiegel befindet; bei ap-Aufnahme liegt der Kranke auf dem Rücken, bei pa-Aufnahme auf dem Bauch. Der Abstand zum Spiegel über ihm beträgt etwa 60 - 80 cm, die Entfernung zwischen Spiegel und Kamera etwa 2,0 - 2,5 m.

Bei Untersuchung der oberen Extremität sitzt der Patient vor der Liege und legt die Hände darauf. Bei pa-Aufnahme bereitet das Ruhighalten der Hände meist keine Schwierigkeiten, während es sich bei ap-Aufnahmen empfiehlt, die leicht gespreizten Finger mit einem Bleihandschuh zu fixieren, um Bewegungen während der vierminütigen Aufnahmedauer zu unterbinden. Auch sollen Armbanduhren, Ringe und ähnliches abgenommen werden, um eine Beeinflussung durch eine eventuell sich ändernde Durchblutung infolge von Kompression zu vermeiden. Der Abstand Hände-Spiegel beträgt etwa 30 - 50 cm, die Entfernung Spiegel-Kamera 0,7 - 1,3 m.

Nachdem der Patient die gewünschte Position eingenommen hat, gibt man ihm mindestens 10 Minuten Zeit, damit er sich an die konstant zu haltende Raumtemperatur von 19°C und die ungewohnte Umgebung gewöhnen kann. Adipöse Personen benötigen eine längere Zeitspanne. Diese Anpassungszeit ist nötig, weil erst nach dieser Frist sich Temperaturen eingestellt haben, die einigermaßen konstant bleiben. Währenddessen wird der Thermograph so gegen den Umkehrspiegel verschoben, daß der zu untersuchende Bereich größtmöglich im Aufnahmefeld der Kamera liegt. Dann stellt man mit Hilfe eines Fadenkreuzes die Schärfe und unter Beobachtung des Kathodenstrahloszillographen Sensivity und Brightness ein, und legt einen Polaroidfilm in die

Kassette der Kamera. Hiermit ist der Thermograph aufnahmebereit. Bei der nun folgenden Aufnahme muß der Patient sich vollkommen ruhig halten. Darauf wird der Film aus der Kassette gezogen, wobei Entwicklerflüssigkeit darüber verteilt wird. Nach 15 Sekunden ist der Film entwickelt und das Photo kann nach dem Fixieren bzw. Lackieren und Trocknen ausgewertet werden. Die Einteilung der thermographischen Befunde erfolgte nach den in Tabelle 4 angegebenen Kriterien.

TABELLE 4

Einteilung der thermographischen Befunde

0	=	Temperatur auf beiden Seiten annähernd gleich ($\Delta t < 0,5^{\circ}\text{C}$)
+	=	geringe Abkühlung ($\Delta t \ 0,5 - 1^{\circ}\text{C}$)
++	=	deutliche Abkühlung ($\Delta t > 1^{\circ}\text{C}$)

Hier seien schließlich auch noch Fehlerquellen erwähnt, die bei der Untersuchung auftreten können. So ergeben sich nach NILSSON systematische Fehler durch ungenaue oder immer veränderte Einstellung der Empfindlichkeit am Gerät. Nach BJÖRG verfälscht auch unterschiedlicher Abstand zwischen zwei Aufnahmen die Ergebnisse. Nur unter konstanten Bedingungen angefertigte Aufnahmen lassen eine sichere Aussage zu.

III. ERGEBNISSE

1. DAS NORMALE THERMOGRAMM

Um pathologische Zustände erkennen und beurteilen zu können muß man etwas über den Normalzustand wissen. Zu diesem Zweck wurden die Extremitäten von 60 gesunden Versuchspersonen untersucht.

Für die untere Extremität ergab sich folgendes: Der Oberschenkel stellte sich meistens deutlich und vollständig dar. Die Haut wies aber oft keine regelmäßige Temperaturverteilung auf, sondern es wechselten sich hypertherme Zonen mit kühleren Gebieten ab, so daß ein fleckiges Muster entstand. Die Flecken hatten oft eine sechseckige Form und waren etwa zweimarkstückgroß. Diese Marmorierung war bei weiblichen Versuchspersonen deutlicher zu sehen als bei männlichen. Dieser Zustand wurde wahrscheinlich durch die oberflächlichen Hautvenengeflechte hervorgerufen, wobei schließlich noch die Fettverteilung eine Rolle spielte. Das Kniegelenk stellte sich bei der von uns bevorzugten Einstellung von Sensivity und Brightness als eine dunkle, also hypotherme, und ovale Scheibe dar, bei deren Größe häufig geringe Seitenunterschiede vorhanden waren. Der nun folgende Unterschenkel trat auf dem Thermogramm klar als warmer Bereich hervor, wobei oft Helligkeitsunterschiede im Seitenvergleich zu vermerken waren; vermutlich war die Ursache hierfür in unterschiedlicher Belastung zu suchen. So konnte beobachtet werden, daß Sprungbeine in vielen Fällen wärmer waren wie Standbeine. Sprunggelenk und Fuß wurden bei der üblichen Einstellung nicht oder nur andeutungsweise abgebildet. Bei Verminderung der Sensivity traten jedoch auch sie in Erscheinung; der Unterschenkel wurde dann aber so hell, daß eine differenzierte Beurteilung kaum noch möglich war.

An der oberen Extremität waren für uns vor allem Hände und Finger interessant. Auch hier finden wir die Gelenke, insbesondere die Grundgelenke der Finger, dunkler wie die Umgebung, also hypotherm. Oft allerdings handelte es sich nur um eine geringfügige, jedoch ohne Photokomparator mit bloßem Auge bemerkbare Abschwächung. Als hypertherm erwies sich regelmäßig der von starken Muskeln gebildete Daumenballen, von dem zur ulnaren Handkante hin meistens ein kontinuierlicher Wärmeabfall zu sehen war; dieser Temperaturschwund konnte stärker variieren. Manchmal war der Handteller geringgradig unterkühlt. Die Finger waren gegenüber der Mittelhand meist kälter, ließen sich aber mit entsprechenden Kameraeinstellungen ohne weiteres gut darstellen.

So ließ sich feststellen, daß die kühleren Anteile im Thermogramm mit den Gelenken und nicht von Muskulatur bedeckten Körperteilen korrelierten, während die Muskeln und gut durchbluteten Gebiete als helle Strukturen hervortraten. Weiterhin erschien jede Hautfläche, die tiefer gelegen war oder sich einer anderen gegenüber befand, z.B. die Innenseite der Oberschenkel, als Hyperthermiezone auf Grund des herabgesetzten Wärmeverlustes durch Konvektion und wegen der Absorption eines Teiles der Infrarotstrahlung der gegenüberliegenden Fläche; dies traf zu für den inneren Teil der Augenhöhlen, die Axillargegend und, wie bereits erwähnt, die Innenseiten der Oberschenkel. Körperpartien mit schwacher Oberflächendurchblutung, wie die abdominale Fettschicht, waren ebenso hypotherm wie stärker behaarte Regionen, da die Behaarung als Schutzschild gegen die Aussendung infraroter Strahlen wirkte (BOURJAT). Wichtig war noch zu wissen, welche Temperaturdifferenzen im Seitenvergleich im Normalbereich liegen. Bei unseren Thermogrammen zeigte sich, daß Seitenunterschiede $< 0,5^{\circ}\text{C}$ noch toleriert werden konnten; Werte $> 0,5^{\circ}\text{C}$ befanden sich außerhalb der Norm (siehe Einteilungsschema Tabelle 4).

Bei 10 der 60 Versuchspersonen wurden an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen Thermogramme angefertigt. Hierbei zeigte sich, daß die Gesamttemperaturverteilung praktisch unverändert blieb, d.h. für den einzelnen charakteristisch war. Auch im Seitenvergleich waren nur geringe Schwankungen festzustellen ($< 0,5^{\circ}\text{C}$). Wenn die Vielfalt der als normal anzusprechenden Zustände der Temperaturverteilung auch sehr groß war, so ließen sich die einzelnen Thermogramme doch meist gut beurteilen.

2. THERMOGRAMM BEI PERIPHEREN NERVENLÄSIONEN

Aus dem Krankengut der Neurologischen Klinik des Klinikums rechts der Isar der Technischen Universität München und der Ambulanz der Orthopädischen Klinik der Universität München wurden 32 geeignete Patienten ausgewählt. Alle Patienten litten seit mindestens 3 Monaten an einer Läsion eines oder mehrerer peripherer Nerven. In allen Fällen wurde elektromyographisch untersucht; ebenso wurden neben den thermographischen Untersuchungen auch klinische durchgeführt. Bei einigen Patienten wurden sowohl ap- als auch pa-Aufnahmen gemacht. Bei Läsionen des Nervus medianus führten wir auch Ninhydrinteste durch. Die Altersverteilung streute von 6 bis 80 Jahre.

TABELLE 5

Beobachtungsgut

Läsion	Patientenzahl
Nervus medianus	7
Nervus radialis	5
Nervus ulnaris	9
Nervus ischiadicus	5
Nervus peroneus	6

a) Nervus medianus

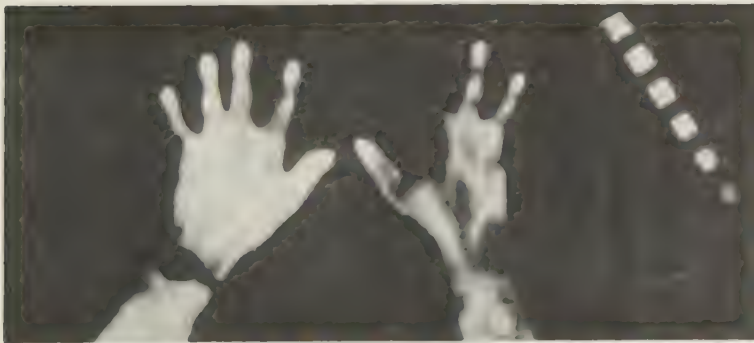
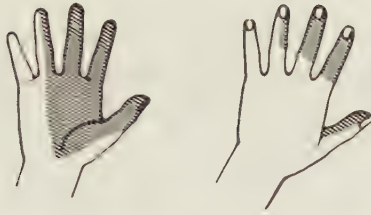
Bei 3 von 7 untersuchten Patienten waren Nervennähte durchgeführt worden, die bis zum Zeitpunkt der thermographischen Untersuchung nur in einem Fall zu einer beginnenden Reinnervation geführt hatten; bei den restlichen Patienten war die chirurgische Intervention unterblieben. Bei allen Patienten bestand im Medianusversorgungsgebiet an der Hand Hypästhesie und -algesie; Muskelatrophien waren jedoch nur in einem Fall deutlich vorhanden. Der Ninhydrintest zeigte, daß jeweils an den Kuppen der Finger I-III die Schweißsekretion aufgehoben war. Auch die Funktionsprüfungen ergaben klare Hinweise für eine Medianuslähmung. Die Elektromyogramme zeigten neurogenen Umbau, gelichtetes Interferenzmuster bei Maximalinnervation und Fibrillationspotentiale.

Im Thermogramm war bei kompletter Durchtrennung des N. medianus in 2 von 3 Fällen eine mehrere Grad betragende Abkühlung der betroffenen Hand gegenüber der gesunden festzustellen; einmal hingegen - im Falle der beginnenden Reinnervation nach Nervennaht - eine ge-

ringgradige Überwärmung. Bei allen Fällen mit kompletter Nervendurchtrennung "fehlten" die Finger II und III auf dem pa-Bild; einmal wurde der Daumen nicht mit abgebildet. Auf zwei ap-Aufnahmen waren auch die Handteller im Medianusbereich hypotherm.

Ein weiterer Patient hatte sich in Höhe des Handgelenkes mit einer Glasscherbe verletzt und sich dabei eine inkomplette Medianuslähmung mit Neurombildung zugezogen; es war keine Nervennaht durchgeführt worden. Der Ninhydrintest zeigte eine verminderte Schweißsekretion. Im Elektromyogramm waren bei Ableitung aus dem M. abductor pollicis brevis und dem M. opponens pollicis reichlich Denervierungspotentiale vorhanden. Bei Willkürinnervation sah man jedoch Zeichen für eine Reinnervation. Die Kraft der Muskulatur war vermindert. Im Thermogramm war die betroffene Hand geringfügig wärmer; der 3. Finger kam aber sowohl in ap- als auch pa-Stellung nicht zur Abbildung. Der Bereich um die Fingergrundgelenke II und III war in der ap-Aufnahme wesentlich unterkühlt. Die angegebene Hypästhesie und -algesie war auf den 3. Finger beschränkt.

Die restlichen drei Patienten, die über nächtliche Parästhesien klagten, litten an Karpaltunnelsyndromen, zwei davon an beidseitigen. Zweimal wies die Thenarmuskulatur deutliche Atrophien auf. Die bei allen vorhandenen Sensibilitätsstörungen waren unterschiedlich stark. Der zweimal durchgeführte Ninhydrintest war zweimal negativ. Das EMG sicherte die Diagnosen. Im Wärmebild fiel auf, daß die geschädigte Hand, bzw. bei beidseitiger Erkrankung die stärker in Mitleidenschaft gezogene, im gesamten kälter war. Nur die Daumen waren überall gleich hell. Die Finger II und III konnten bei der gewählten Einstellung nicht dargestellt werden; nur einmal war der 3. Finger mit der Kuppe vorhanden. In pa-Stellung fielen dreimal größere, schwarze Flecken an den Grundgelenken II und III auf.



rechts

links

ABBILDUNG 1 a-c

Medianusparese links

a: Sensibilitätsausfall schematisch

b: Thermogramm der Hände ap

c: Thermogramm der Hände pa

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß bei allen Patienten mit Medianusläsion die hypothermen Bezirke im Thermogramm mit den sensiblen Ausfallszonen übereinstimmen.

TABELLE 6

Befunde bei Läsionen des N. medianus

		sens. Ausfall	mot. Ausfall	Ninhydrin	EMG	Thermogramm
1.	E.G. Inkompl. Durch.	++	+	+	++ R	++
2.	T.R. Z. n. Nervennaht	++	++	+	++	++
3.	W.J. Z. n. Nervennaht	++	++	+	++	++
4.	H.F. Z. n. Nervennaht	++	+	+	+ R	++
5.	E.T. Karp.-T.-Syndrom	+	+	0	+	+
6.	A.N. Karp.-T.-Syndrom	++	++	0	+	+
7.	O.S. Karp.-T.-Syndrom	+	++	-	+	+
R = Reinnervation						

b) Nervus ulnaris

Es kamen 9 Patienten mit einer Ulnarisschädigung zur thermographischen Untersuchung. Fünf von ihnen hatten sich den Nerven vollkommen durchgeschnitten; zweimal war auch der N. medianus beteiligt. Einmal zeigte das EMG nach der Naht des Nerven Zeichen von Reinnervation. Bei der neurologischen Untersuchung sah man bei allen Patienten mehr oder weniger ausgeprägte Atrophien der vom N. ulnaris versorgten Muskeln. Im EMG waren Denervierungspotentiale und bei Maximalinnervation Zeichen neurogenen Umbaus vorhanden.

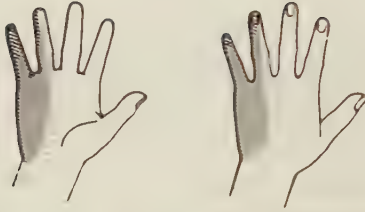
Im Thermogramm zeigte sich viermal eine deutliche Abkühlung der Finger IV und V in der pa-Aufnahme. Der Bereich der Mittelhandkno-

chen war ebenfalls viermal unterkühlt. Die Würmeunterschiede betrugen teilweise mehrere Grad Celsius, so daß manchmal die genannten Regionen überhaupt nicht mehr abgebildet wurden. Bei den beiden Patienten, die zusätzlich noch eine Medianuslähmung hatten, war auch dessen Versorgungsgebiet hypotherm. Einmal war nach Durchtrennung des Nerven mit Hypästhesie und -algesie auf dem Photo eine schwache Abkühlung der beiden ulnaren Finger und Mittelhandknochen zu sehen.

Die restlichen 4 Personen verteilten sich auf eine Spätparese, ein beidseitiges Sulcus ulnaris-Syndrom und zwei Druckschädigungen ohne eindeutigen motorischem Defizit. Alle gaben hypästhetische Bezirke im Versorgungsgebiet an. Die elektromyographischen Ergebnisse zusammen mit der Messung der Nervenleitgeschwindigkeit und der klinischen Untersuchung hatten zu den jeweiligen Diagnosen geführt. Thermographisch ergab sich bei den Druckschädigungen einmal eine geringgradige Hyperthermie der betroffenen Hand, das andere Mal kein Temperaturunterschied. Hypotherme Zonen waren also auf den Thermogrammen nicht zu verzeichnen. Bemerkenswert war, daß bei beiden Patienten kein sicheres motorisches Defizit festgestellt werden konnte. Geringgradiges Taubheitsgefühl wurde jedoch in unterschiedlicher Ausdehnung angegeben.

Beim Sulcus ulnaris-Syndrom, das rechts stärker ausgeprägt war als links, zeigte sich im Thermogramm der rechten Hand eine deutliche Hypothermie über den zwei ulnaren Mittelhandknochen in pa-Stellung. Die entsprechende linke Seite war so wenig hypotherm, daß man nicht auf einen pathologischen Prozeß schließen konnte. Außerdem waren beide Handgelenke kühl. Auf der ap-Aufnahme war nichts zu erkennen.

Die Spätparese ergab sowohl im ap- als auch im pa-Bild eine eindeutige



rechts



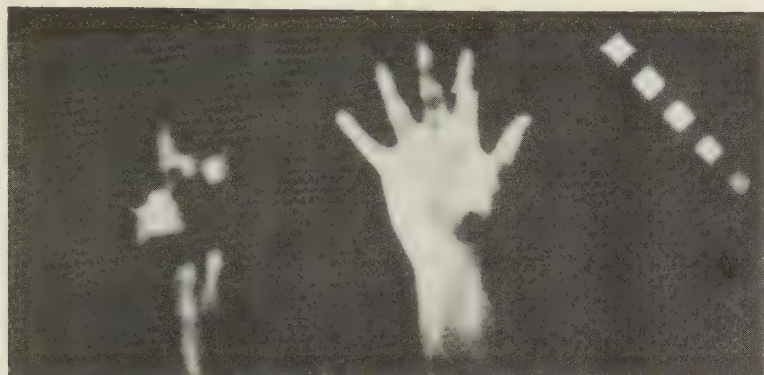
links



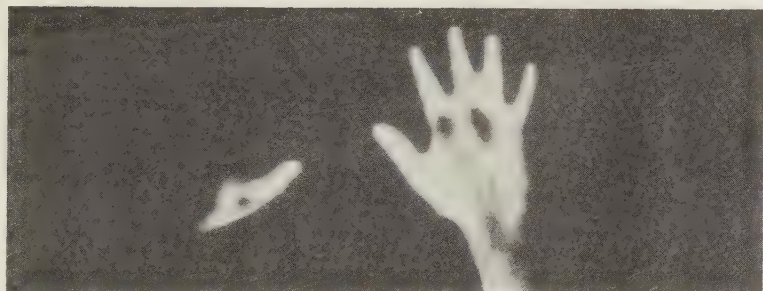
ABBILDUNG 2 a-c

Ulnarisparese

- a: Sensibilitätsausfall schematisch
- b: Thermogramm der Hände pa, Läsion links
- c: Thermogramm Ulnarisparese rechte Hand pa



a



b

ABBILDUNG 3 a-b

Kombinierte Medianus-Ulnarisparesie rechts

a: Thermogramm der Hände ap

b: Thermogramm der Hände pa

Unterkühlung im Versorgungsgebiet des N. ulnaris, die bei der pa-Aufnahme auch noch das Medianusgebiet miterfaßte.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß bei der Durchtrennung des N. ulnaris in allen Fällen ein positiver Befund bestand. Ebenso konnte beim Sulcus ulnaris-Syndrom und bei der Ulnaris-Spätparese eine Hypothermie festgestellt werden. Bei zwei Druckschädigungen ohne sicheres motorisches Defizit und ohne sichere sensible Ausfälle war dagegen kein von der Norm abweichendes Wärmebild zu erhalten.

TABELLE 7

Befunde bei Läsionen des N. ulnaris

			sens. Ausfall	mot. Ausfall	EMG	Thermogramm
1.	K.M.	Kompl. D.	++	++	++	++
2.	H.K.	Kompl. D.	++	++	++	++
3.	L.H.	Kompl. D.	++	++	++	++
4.	B.J.	Kompl. D.	++	+	++	++
5.	S.J.	Z. n. Naht	+	+	+ R	++
6.	S.F.	Sulcus ulnaris-Syndrom	++	+	+	++
7.	N.J.	U.-Spätparese	++	+	+	++
8.	B.C.	Druckschädigung	+	0	0	0
9.	N.G.	Druckschädigung	+	0	+	0

D = Durchtrennung

c) Nervus radialis

Von den 5 Patienten mit Radialisschädigung hatten sich 3 eine komplette Parese zugezogen. Der vierte litt an einer Schlaflähmung und der fünfte hatte eine Schädigung am Oberarm. In allen Fällen waren die

Hand- und Fingerstreckmuskeln in ihrer Funktion beeinträchtigt. Alle Untersuchten waren elektromyographiert worden. Auf Grund der verschiedenartigen Befunde erscheint es sinnvoll, die Thermogramme einzeln zu schildern.

Pat. I, R. A.: Hier handelte es sich um eine komplette Radialisparese nach Abgang der Äste zum M. triceps; Ursache war eine vor 7 Monaten erlittene Humerusfraktur. Klinisch vorhanden waren Muskelaтроphien an der Streckseite des Unterarms, Fallhand, Anästhesie und -algesie sowie Kribbeln in den 3 radialen Fingern. Thermographisch war der Unterarm gegenüber der gesunden Seite vor allem an seiner radialen Kante hypotherm. Die Hand hingegen war insgesamt wärmer; als besonders stark hypertherm fielen der Daumen, die Fingergrundgelenke IV und V, und eine Zone am Ansatz des Daumenballens auf.

Pat. II, S. F.: Bei diesem Patienten hatte eine Quetschverletzung zu einer kompletten Parese der vom N. radialis versorgten Hand- und Fingerstrecker geführt. Hypästhesie wurde nur am Daumen angegeben. Die Thermogramme zeigten sowohl in ap- als auch in pa-Stellung eine starke Hyperthermie der gesamten gelähmten Hand. Nur etwa vom Daumengrundglied bis in die Gegend der Handwurzel erstreckte sich auf dem pa-Bild im Vergleich zur Umgebung ein Hypothermiestreifen, der für diese Stelle auffällig war.

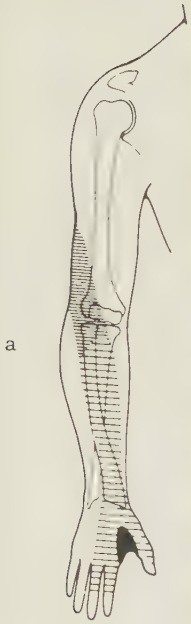
Pat. III, Sch. S.: Hier rief ein Schnitt vor 9 Monaten eine mittelgradige Parese des M. brachio-radialis, eine schwere Parese des M. extensor carpi ulnaris und des M. extensor digitorum sowie eine vollkommene Lähmung des M. extensor indicis und des M. abductor pollicis hervor. An den Fingern I und II war Taubheitsgefühl vorhan-

den. Im Thermogramm fiel ein hypothermer Unterarm mit einem sehr kühlen Bezirk proximal vom Handgelenk auf. Eine weitere kalte Stelle sah man im pa-Bild über den Mittelhandknochen IV und V; dies traf zwar auch für die gesunde Seite zu, aber nicht in so starkem Ausmaß. Zwei größere dunkle Flecken hatte die pa-Aufnahme am Daumenballen. Das EMG zeigte Zeichen von Reinnervation.

Pat. IV, G. G.: Eine Schlaflähmung war bei dem vierten Patienten der Anlaß für eine linke, obere Radialisparese ohne sichere Sensibilitätsausfälle. Die linke Hand war mit Ausnahme des Daumens kälter als die rechte. Größere Wärmeverluste waren insbesondere über der Handwurzel und dem proximalen Teil der Mittelhandknochen zu vermerken. In ap-Haltung ergab sich ein vergleichsweise fast normaler Wärmegehalt, nur am Thenar und in einem Gebiet unter dem etwa der Arcus palmaris superficialis liegt. Auf beiden Aufnahmen ist der betroffene Unterarm kühler als der gesunde.

Pat. V, A. N.: Beim letzten Patienten war nicht nur der N. radialis, sondern auch die beiden anderen Armnerven geschädigt, allerdings geringgradig, wie die Messung der Nervenleitgeschwindigkeit und der distalen Latenzzeiten ergab. Die Sensibilität war intakt. Im Thermogramm war ein diskretes Temperaturdefizit am Daumen mit Ausnahme der Endphalanx und eine Zone geringfügiger Hyperthermie an der Daumenkuppe, den Fingergrundgelenken IV und V, und im Bereich des N. ulnaris zu sehen.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß bei Läsionen des N. radialis die thermographischen Befunde sehr voneinander abweichen und an der Hand keine Ausfallsgebiete zu beobachten sind, die typisch für das sensible Versorgungsgebiet des N. radialis sind. Die möglichen Gründe



rechts

links

b



rechts

links

c

ABBILDUNG 4 a-c

Radialisparese links

- a: Sensibilitätsausfall schematisch
- b: Thermogramm der Hände ap
- c: Thermogramm der Hände pa

sind noch später zu diskutieren. Einen Hinweis auf einen gestörten Zustand können jedoch vielleicht die Temperaturveränderungen am Unterarm geben.

TABELLE 8

Befunde bei Läsionen des N. radialis

			sens. Ausfall	mot. Ausfall	EMG	Thermogramm	
						Hand	Unterarm
1.	R.A.	Komplette Parese	++	+	+	0	
2.	S.F.	Komplette Parese	++	++	+	0	
3.	S.S.	Parese mit Reinnervation	++	+	+ R	0	++
4.	G.G.	Ob. Radialisparese	+	+	++	0	++
5.	A.N.	Parese am Oberarm	0	+	++	0	

d) Nervus ischiadicus

5 Patienten kamen mit Läsionen des N. ischiadicus zum Thermographieren. Die Diagnosen wurden mit Hilfe der Elektromyographie und der klinischen Untersuchung gestellt. Bei allen 5 Fällen zeigte sich thermographisch am Oberschenkel eine merkliche Abkühlung unterhalb der Läsionsstelle sowohl auf der ap- wie auch der pa-Aufnahme. Dreimal war die Hypothermie so ausgeprägt im Thermogramm, daß mit der von uns benutzten Einstellung überhaupt nichts oder nur kleine Ausschnitte vom Ober- und Unterschenkel zu erkennen waren. Zweimal war das oberhalb der Läsionsstelle befindliche Gebiet am Oberschenkel hypertherm. Im pa-Thermogramm sah man viermal die warmen Bezirke oberhalb der Schädigung ab derselben in eine annähernd pfeilförmige Figur auslaufen, deren Spitze nach unten zum Fuß hin zeigte; der Pfeil endete etwa in der Kniegegend. Diese normal warme

Zone entsprach dem Sensibilitätsareal des N. cut. fem., post., der von der Läsion nicht betroffen war. Die in Reinnervation begriffenen Lähmungen wiesen im Thermogramm ebenso wie die ohne Regenerationszeichen deutliche Hypothermie auf. In den hypothermen Bezirken waren Sensibilitätsstörungen unterschiedlichen Grades vorhanden.

TABELLE 9

Befunde bei Läsionen des N. ischiadicus

		sens. Ausfall	mot. Ausfall	EMG	Thermogramm
1.	W.A. Komplette Parese	+	+	+ R	++
2.	J.J. Parese nach Luxations-Fraktur	++	+	+	++
3.	B.J. Parese durch Tumor	++	+	+	++
4.	W.P. Komplette Parese	++	+	++	++
5.	S.G. Komplette Parese	++	+	+ R	++

e) Nervus pernaeus

Es wurden 6 Patienten thermographiert. Ebenso wie vorher wurden die Diagnosen mit Hilfe der klinischen Untersuchung und des Elektromyogramms erstellt. Dreimal zeigte sich auf den Photos eine Überwärmung der betroffenen Seite. Der in Mitleidenschaft gezogene Unterschenkel war mit Ausnahme des unten beschriebenen Bereiches zweimal hypertherm, wobei bei beiden Personen Zeichen von Reinnervation im Elektromyogramm vorhanden waren bzw. die Restitution schon fast abgeschlossen war. Auffällig war in 5 Fällen die ausgeprägte Hypothermie des Gebietes, unter dem die Peronealmuskulatur liegt. Unterhalb des Kniegelenkes ging auf dem Thermogramm an der late-

ralen Kante des Unterschenkels eine schwarze "Hypothermiezacke" deutlich nach innen. Diese "Peronaeuszacke" sah aus wie eine Parallelverschiebung des äußeren Unterschenkelrandes nach innen; sie entsprach dem sensiblen Versorgungsgebiet des N. peroneus superficialis. Am besten wird sie in ap-Stellung bei leicht einwärtsrotierten Beinen abgebildet. Nur bei einer Patientin war die Peronaeuszacke nicht sicher feststellbar, da die Reinnervation - wie schon erwähnt - weit fortgeschritten war und subjektiv praktisch keine Beschwerden mehr bestanden. Wie auch beim N. ischiadicus waren Sensibilitätsstörungen in den hypothermen Bereichen vorhanden.

TABELLE 10

Befunde bei Läsionen des N. peroneus

		sens. Ausfall	mot. Ausfall	EMG	Thermogramm
1.	B.E. Peroneus-Parese	++	+	+	++
2.	Z.R. Peroneus-Parese	++	+	+	++
3.	H.A. Peroneus-Parese	0	0	+ R	+
4.	T.E. Peroneus-Parese	++	+	+ R	++
5.	S.P. Peroneus-Parese	++	+	++	++
6.	S.J. Peroneus-Parese	++	+	+	++

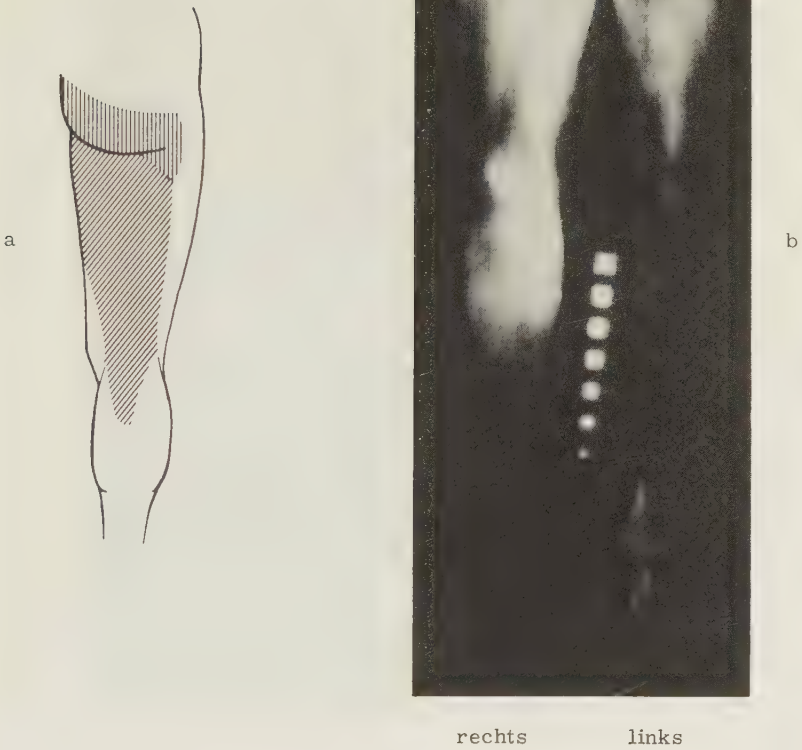
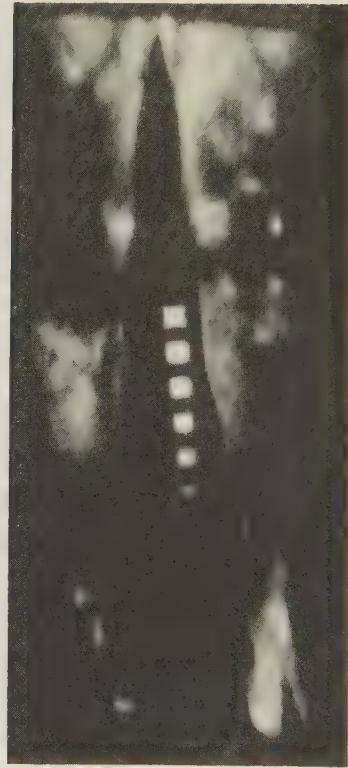
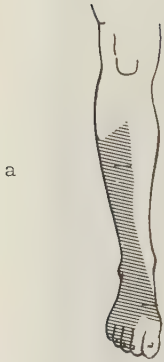


ABBILDUNG 5 a, b

Ischiadicusparese

- a: Sensibilitätsgebiet des N.cut.fem.post
(Sensibilitätsgebiet des N.ischiadicus ist nicht schraffiert)
- b: Entsprechendes Thermogramm, pa



b

rechts

links

ABBILDUNG 6a, b

Peronaeusparese

a: Sensibilitätsausfall des N.per.superfic.

b: Entsprechendes Thermogramm, ap

IV. DISKUSSION

Die dieser Arbeit zugrundeliegenden Untersuchungen zeigen, daß sich bei Läsionen der Nn. medianus, ulnaris, ischiadicus und peroneus im jeweiligen Innervationsgebiet Änderungen der Oberflächentemperatur ergeben, die auf Grund ihrer Lokalisation im Seitenvergleich auf den jeweiligen Nerven hinweisen. Beim N. radialis ergibt sich kein einheitliches Bild an der Hand, das auf ein bestimmtes Innervationsgebiet schließen läßt; die Unterarme jedoch zeigen Veränderungen.

Auch in der Literatur wird von Wärmemessungen berichtet, allerdings nicht mit der einen Gesamtüberblick gebenden Thermographie, sondern mit Hilfe der Kontaktmethode. Hier ergaben sich ebenfalls Abkühlungen. So liegen Berichte von LEWIS und PICKERING vor, die Hypothermie bei Medianus- und Ulnarislähmungen fanden. Auch RICHARDS bemerkte in gelähmten Gebieten eine herabgesetzte Oberflächentemperatur. Ebenso befaßten sich WEIR, MITCHELL, MOREHOUSE und KEEN mit Wärmeänderungen bei Lähmungen und fanden in dem von uns untersuchten Stadium Hypothermie. Somit steht unser Ergebnis in Einklang mit den in der Literatur angegebenen Befunden.

Es erhebt sich nun die Frage, wie die Veränderungen im Thermogramm zu erklären sind. Eine Reihe von Erklärungen stehen zur Diskussion: Bei der Durchtrennung eines gemischten peripheren Nerven werden drei Typen von Fasern durchtrennt, nämlich motorische, sensible und autonome. Der Verlust jeder dieser Verbindungen ruft Störungen im betroffenen Gebiet hervor, deren mögliche Auswirkungen auf den Wärmmezustand zu überprüfen sind.

Bei der Durchschneidung von motorischen Fasern werden die

von ihnen versorgten Muskeln gelähmt. Bleibt die Lähmung längere Zeit bestehen, kommt es auf Grund der Inaktivität zur Atrophie der Muskulatur. Wegen des herabgesetzten Stoffwechsels sinkt die Durchblutung in einer Anpassungsreaktion ab; auch die Wärmeproduktion des Muskels entfällt. Daß Inaktivität zu einer Temperatursenkung führt, konnten LEWIS und PICKERING zeigen: eine gesunde Versuchsperson hielt sich etwa eine halbe Stunde in einem 16°C warmen Raum auf und ließ einen Arm ruhig herabhängen, während der andere bewegt wurde; es ergaben sich Temperaturdifferenzen von $3^{\circ} - 4^{\circ}\text{C}$. Bei langdauernder Inaktivität ist eine Hypothermie also mit ziemlicher Sicherheit zu erwarten, wenn nicht andere Störfaktoren hinzutreten.

MUMENTHALER weist darauf hin, daß bei Lähmungen eine venöse Stase zu beobachten ist und das Blut länger in der Extremität verweilt. Als Hinweis wird das sogenannte Irisblendenphänomen angegeben: wenn man mit der Fingerkuppe einen blassen, anämischen Hof erzeugt, wird diese Anämie normalerweise rasch durch arterielle Zuflüsse aus der Tiefe beseitigt. Bei venöser Stase bleibt der Hof länger bestehen und verschwindet wesentlich langsamer durch venöse Rückflüsse von den Seiten her; das Verkleinern des Hofes sieht aus wie das einer Irisblende. Eine Ursache dieser venösen Stase ist auch im Wegfall der Muskelpumpe zu sehen.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß für die Temperaturerniedrigung die Minderdurchblutung verantwortlich gemacht werden kann.

Einen zweiten wichtigen Faktor stellen die Blutgefäße und ihr Verhalten dar, das sich durch den Verlust der vasomotorischen Impulse ergibt. Gleich nach der Durchtrennung sinkt nach RICHARDS der Vasokonstriktorentonus deutlich ab und die Haut über dem dener-

vierten Areal wird heiß, trocken und gerötet. Das Gebiet dieser Vasodilatation deckt sich ziemlich genau mit dem der Sensibilitätsstörung, da die sensiblen und autonomen Fasern miteinander laufen. In dieser sogenannten warmen Phase ist die Temperatur im Seitenvergleich erhöht; weiterhin bleibt sie stabil und ist unabhängig von der Umgebungstemperatur. Nach einer unterschiedlich langen Zeit, gewöhnlich nach etwa 14-21 Tagen, geht diese vasodilatatorische Periode vorüber und es kommt zu einer Vasokonstriktion mit Hypothermie, die bestehen bleibt wenn keine Reinnervation eintritt. Während dieser Zeit wird die Hauttemperatur vor allem bestimmt von der Umgebungstemperatur; die Haut erleidet einen "Verlust an Unabhängigkeit" (TROTTER und DAVIES). Eine Abkühlung festzustellen ist natürlich nur möglich, wenn die den Patienten umgebende Luft kühler ist als er selbst, da der gelähmte Bereich die Umgebungstemperatur annimmt. Um einen genügenden Temperaturunterschied zu erhalten, haben wir in einem gleichmäßig temperierten Raum von 19°C gearbeitet und dem Patienten Zeit gegeben, sich anzupassen. Sämtliche Untersuchten befanden sich zeitlich gesehen in der "kalten Phase".

Über den Einfluß der sensiblen Fasern auf die Temperaturveränderungen besteht derzeit noch Unklarheit. ZUCKERMANN und RUCH stellten bei Versuchen mit Affen fest, daß ein noch mit den Hinterwurzeln in Verbindung stehendes Gebiet nicht so stark abgekühlt war wie ein vollkommen denerviertes. Die Untersucher vermuteten als Ursache entweder den Verlust vasodilatatorischer Impulse oder den Verlust eines Reflexes der für die Aufrechterhaltung der Hautdurchblutung sorgen sollte. Auch MUMENTHALER berichtete bei sensiblen Lähmungen von Atrophien der Haut und ihrer Anhangsgebilde. Bei den von uns untersuchten Lähmungen war in zwei Fällen der Ausdehnungsbereich der Sensibilitätsstörung mit den hypothermen Bezirken im Thermogramm

genau identisch; bei den anderen fanden sich bei fast allen Untersuchten Sensibilitätsstörungen im denervierten Bereich; im dazugehörigen Thermogramm sah man Abkühlungen. Zwei Ulnarisdruckschädigungen ohne sicheres motorisches Defizit, aber mit sensiblen Ausfällen, zeigten keinen pathologischen Befund.

Eine Sonderstellung nehmen die thermographischen Befunde bei Lähmungen des N. radialis ein. Die Thermogramme zeigen Bilder, die von fast normal über ein durch Hypothermie bedingtes fleckiges Muster bis hin zur deutlichen Überwärmung führen. Zwei denkbare Gründe hierfür seien angesprochen: erstens besitzt der N. radialis an der Hand ein recht kleines Autonombiet, so daß Störungen hierin nicht unbedingt einen allzu großen Einfluß auf den Wärmezustand der Hand nehmen müssen; manchmal ist überhaupt kein Autonombiet nachweisbar. Zweitens liegen die Muskelbäuche aller vom N. radialis versorgten Muskeln außerhalb des Handbereiches, so daß ihre durch Inaktivität herbeigeführte Hypothermie an der Hand nicht sichtbar werden muß; zwei zufällig mitthermographierte Unterarme waren auf der Streckseite hypotherm. Weiterhin ist die von N. medianus und N. ulnaris versorgte Handmuskulatur noch intakt, aber, weil der Antagonist fehlt, zu Inaktivität verurteilt, so daß auch hierdurch eine Abkühlung in unterschiedlichem Ausmaß, entsprechend der Masse-Oberflächen-Relation, denkbar ist. Für die Überwärmung mancher Bereiche könnten lokale Prozesse verantwortlich sein.

Zu den geschilderten Vorgängen können noch eine Reihe weiterer Faktoren kommen. Hierher gehören sowohl lokale Stoffwechselvorgänge, deren pathophysiologische Mechanismen uns bis jetzt nicht genau bekannt sind, zum Beispiel die Anhäufung von Metaboliten auf Grund des verringerten venösen Abflusses, als auch die Berücksichtigung anderer

Krankheiten; die Einnahme vasoaktiver Substanzen kann die Durchblutung wesentlich verändern (VOSS, H.); ebenso ist die Ansprechbarkeit auf Adrenalin bei denervierten Gefäßen kurz vor Einsetzen der kalten Phase stark erhöht, wie ATLAS beobachtete. BARNES und TISELIUS konnten zeigen, daß Versuchspersonen nach dem Essen andere Temperaturen hatten wie vorher.

Zusammenfassend kann man sagen, daß motorische Lähmungen nach einiger Zeit bei kühler Umgebungstemperatur im Thermogramm zu Hypothermie führen; auch bei sensiblen Störungen erscheint dies möglich auf Grund unserer Befunde. Als Hauptursache wird allgemein die veränderte Durchblutungslage angesehen; dazu kommen aber noch weitere Vorgänge, über die wir bis jetzt noch nicht genau Bescheid wissen.

Für den klinischen Gebrauch der Thermographie ist es wichtig zu wissen, welche Aussagen ein Thermogramm zuläßt.

Ob Sensibilitätsstörungen allein Veränderungen der Oberflächentemperatur bewirken, konnten wir bei unseren Thermogrammen nicht sicher entscheiden, da wir nur zwei Fälle mit alleinigem sensiblen Defizit im Beobachtungsgut hatten. Zwar wiesen gerade diese beiden Patienten in ihren Thermogrammen keine Hypothermiezonen auf, aber andererseits fanden sich bei Patienten mit geringerer motorischer Schädigung und relativ gut erhaltener Gebrauchsfähigkeit und stärker gestörter Sensibilität deutliche Ausfälle im Thermogramm im Bereich der Empfindungsstörung. Auf Grund dieser Tatsache erscheint es durchaus möglich, daß auch allein sensible Störungen einen Temperaturabfall im betroffenen Gebiet hervorrufen. Um letztlich aber eine sichere Aussage machen zu können, wäre es nötig gewesen, eine größere Anzahl allein sensibler Schädigungen im Beobachtungsgut zu haben.

Bei länger bestehenden motorischen Lähmungen sind mit großer Wahrscheinlichkeit Temperaturveränderungen in Richtung Hypothermie zu erwarten. Auffallend war bei unseren Thermogrammen die häufige Übereinstimmung mit Atrophien an der betroffenen Extremität. In der Literatur wird vor allem die verminderte Durchblutung, die einerseits besonders durch den Minderbedarf der Muskulatur, andererseits in geringerem Maße durch vasokonstriktorische Veränderungen entsteht, für die Entstehung der Abkühlung verantwortlich gemacht. Wie aber bereits oben gesagt kann man nicht behaupten, daß allein die Folgen der motorischen Lähmung für die Hypothermie verantwortlich sind. Sicher ist jedoch, daß motorische Ausfälle einen wichtigen Anteil an der Entstehung der Hypothermie haben.

LEWIS und PCKERING geben an, daß auch während der Reinnervation die Hypothermie lange Zeit bestehen bleibt und erst gegen Ende der Restitution zeitweilig eine Erwärmung eintritt, die Unterkühlung insgesamt aber häufig das Ende der Remission überdauert. Wir sahen in einem Fall von fast abgeschlossener Reinnervation bei einer Peronäuslähmung eine solche Überwärmung des Unterschenkels; bei einem zweiten Fall, einer Medianusläsion, war sie bereits früher vorhanden. Die anderen, durch das EMG nachgewiesenen Reinnervationsfälle, zeigten im Thermogramm das Bild der entsprechenden Lähmung.

Wichtig ist auch der Vergleich mit bereits eingeführten Untersuchungsmethoden. Bei den klinischen Untersuchungen waren gut bemerkbare Atrophien und motorische Störungen vorhanden, wenn das Thermogramm Wärmeausfälle aufwies; auch das erwähnte Irisblendenphänomen war zu beobachten. Oft war ein Wärmeunterschied schon durch Auflegen der Hand mit Seitenvergleich zu spüren. Auf die Besonderheiten des N. radialis wurde hingewiesen.

Das EMG bot mit Ausnahme der beiden Ulnarisdruckschädigungen - hier wurden die Nervenleitgeschwindigkeiten gemessen - bei Ableitung aus den Muskeln stets einen pathologischen Befund, wenn im Thermogramm einer anzutreffen war. Eine quantitative Übereinstimmung herbeizuführen war nicht möglich, da einerseits das EMG keine genaue quantitative Abstimmung erlaubt, andererseits die angezeigte Hypothermie im Thermogramm abhängig von der Umgebungstemperatur ist, infolge des oben aufgeführten Unabhängigkeitsverlustes.

Der Ninhydrintest gab bei zwei Karpaltunnelsyndromen keinen klaren Hinweis, während die Thermogramme Hypothermie im geschädigten Gebiet zeigten. Viermal zeigte der Ninhydrintest eine Verminderung der Schweißsekretion an; bei den dazugehörigen Thermogrammen sah man im Medianusbereich Bezirke mit herabgesetzter Temperatur.

Beim N. ischiadicus war festzustellen, daß die Topik der hypothermen Zone fast genau zusammenfiel mit der Höhe der Schädigung. Die Ursache der Lähmung spielte hierbei keine Rolle. Bei den Lähmungen der anderen Nerven war eine Bestimmung der Höhe nicht möglich; bei den Armnerven schon allein deshalb nicht, weil nur die Hände thermographiert worden waren.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Die Arbeit befaßt sich mit der Hauttemperatur bei Läsionen peripherer Nerven. 32 Patienten wurden thermographisch untersucht. Zusätzlich wurde bei allen Patienten eine klinisch-neurologische und elektromyographische Untersuchung durchgeführt. Im einzelnen konnten folgende Ergebnisse erzielt werden:

1. Die untersuchten Nn. medianus, ulnaris, ischiadicus et peroneus zeigten bei Durchtrennung in ihrem jeweiligen sensiblen Versorgungsgebiet eine deutliche Verminderung der Hauttemperatur.
2. Eine Ausnahme machte der N. radialis; hier war, auch bei Durchtrennung, eine eindeutige Hypothermie nicht zu objektivieren.
3. Bei Druckschädigung der unter 1) genannten Nerven konnte eine nur geringe Verminderung der Oberflächentemperatur nachgewiesen werden.

Auf Grund der gewonnenen Erkenntnisse dürfte der Thermographie bei der Beurteilung peripherer Nervenläsionen in Zukunft eine komplement-diagnostische Bedeutung zukommen.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

- 1 BARNES, R.B.: Thermography of the Human Body
Science 24, (1963), 870-877
- 2 BARNES, R.B. and J. GERSHON COHEN:
Unical Thermography
J. Amer. Med. Ass. 185, (1963), 949
- 3 BECKMANN, L.: Bilddarstellung von Oberflächentemperaturen
mit Hilfe der infraroten Eigenstrahlung
Collège international de thermographie médi-
cale Strasbourg 1966
- 4 BECKMANN, L.: Persönliche Mitteilung 1975
- 5 BJÖRG, N.A.: Electrol., Radiol. 48, (1967), 30
- 6 BUCHMÜLLER, K.:
Physikalische Grundlagen der Hautthermome-
trie bei Strahlungsmessung im Ultraroten
Arch. phys. Ther. 4, (1965)
- 7 GROS, Ch. M. und BOURJAT, P. und GAUTHERIE, M.:
Technische und klinische Fortschritte auf dem
Gebiet der Infrarotthermographie
Röntgenpraxis 24
- 8 LAWSON, A.N.: Thermography a New Tool in the Investigation
of Breast Lesions
Cand. Serv. Med. J. 13, (1957)
- 9 LEWIS, T.: The Blood Vessels of the Human Skin and their
Responses
London, Shaw and Sons (1927)
- 10 MITCHELL, S.W. und G. R. MOREHAUSE und W. W. KEEN:
On Gunshot Wounds and Other Injuries of Nerves
Philadelphia (1864)
- 11 MOBERG, E. Objektive methods for determing the functional
value of sensibility in the hand
J. Bone Jt. Surg. 40 B, (1958), 454

- 12 MUMENTHALER, M. und H. SCHLIACK:
Läsionen peripherer Nerven
2. Auflage,
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1973
- 13 NILSSON, A. : zit. in: TISELIUS, P. : Studies on Joint Tem-
perature
Acta Theumatica Scand. suppl. (1970)
- 14 PICKERING, G. W. und T. LEWIS:
Circulatory changes in the fingers of some
diseases of the nervous system, with special
reference to the digital atrophy of peripheral
nerve lesions
Clin. science, London, (1936), 2149
- 15 PLANCK, M. und L. BOLTZMANN und J. STEFAN und W. K. W. WIEN:
zit. in: HERSTEL, W. : Fundamental Physical
Aspects of Thermography
Bibliotheca radiologica 5, (1969), 22-28
- 16 SKVERSKY, N. J. und A. B. HERRING und R. C. BARON;
Thermography in the Peripheral Vascular Di-
seases
Ann. N. Y. Acad. Sci. 121, (1964), 118-134
- 17 TISELIUS, P. : Studies of Joint Temperature, Joint Stiffness
ans Muscle Weakness in Rheumatoid Arthritis
Acta Rheumatica Scand. suppl. (1970)
- 18 TROTTER, W. and H. M. DAVIES:
Journ. Physiol. 38, (1909), 134
- 19 VOSS, van, H. : Thermographic Registration of the Effects of
Drugs
Bibliotheca Radiologica 5, (1969), 213-218
- 20 WOOD, E. H. : Thermography in the Diagnosis of Cerebro-vas-
cular Disease
Radiology 85, (1965), 270-283
- 21 ZUCKERMANN, S. und T. C. RUCH:
Amer. Journ. Physiol. 109, (1934), 116

An dieser Stelle möchte ich mich bei
Herrn Priv.-Doz. Dr. med. W. Keyl,
Oberarzt der Orthopädischen Univer-
sitätsklinik, für die Überlassung des
Themas und die Unterstützung bei der
Anfertigung der Arbeit bedanken.

LEBENS LAUF

Ich, Hanspeter Bubser, wurde am 3. Februar 1951 in München als zweiter Sohn des Metteurs Fritz Bubser und seiner Frau Ann, geb. Vitzthum, geboren. In München besuchte ich vier Jahre die Volksschule, wechselte dann an ein neusprachliches Gymnasium über und bestand dort im Juni 1970 die Reifeprüfung.

Im Wintersemester 1970/71 begann ich an der Ludwig Maximilians Universität das Medizinstudium. Im Frühjahr 1976 bestand ich die ärztliche Prüfung.

